

A nagyobb teljesítményű mikrohullámú sugárzás káros az emberi szervezetre. A nemzetközi szabványoknak megfelelően, a készüléktől 5 cm-re a sugárzás maximális értéke, nem haladhatja meg a 10 mW/cm^2 értéket. Mivel a készülékből kilépő sugárszóródás gyakorlatilag csak a nyílászáró ajtónál történik, ezért a gyártó cégek, különösen nagy gondot fordítanak az ajtók tömítésére és az átlátszó üveglak kivitelezésére. Az ajtó nyitásakor a készülék automatikusan kikapcsol.

Az ajtó üveglakán be lehet látni a sütő belső terébe. A belső terét egy kis izzólámpa világítja meg. Az ajtóra szerelt, kétrétegű, speciális üvegből készült ablak és az üveglemezek között levő fémrács meggátolja a mikrohullámú sugárzásnak a külső térbe való kijutását. Mindenesetre a külső térbe kijutó mikrohullámú sugárteljesítmény jóval a megengedett érték alatt van.

A 7. ábrán egy korszerű mikrohullámú sütő fényképét láthatjuk.



7. ábra

Puskás Ferenc



Ultrahang

I. rész

Az emberek közötti kommunikáció egyik legismertebb módozata a *hang*. Amikor rákérdezek egy társamra, értelmezi a kérdést, és felel. Ez csak egy lehetőség, de ugyanakkor a legfontosabb és legegyszerűbb kapcsolatteremtés módja. A kis gyermek, a cse-csemő hang által tudatja környezetével nemtetszését, óhaját, vagy kedélyállapotát. Ez a kommunikációs folyamat egy általános fizikai jelenséghez, a *hullámhoz* kötött.

1. A hullám mint fizikai jelenség

Nyugalmi állapotban levő közegben „zavart” keltve, a közölt energia nem lokalizálódik a keltés helyére. A közeg részecskéi közötti rugalmas vagy kvázi rugalmas csatolás következtében a befektetett energia tovaterjed. Az említett jelenséget néhány példával szemléltetjük:

- Víz felületére követ dobva magasabb, illetve alacsonyabb szinten levő, időben és térben változó körök keletkeznek.
- 9 órakor megszólal az iskolacsengő, a tanulók azonnal észlelik, és élevezettel veszik tudomásul.
- Bekapcsoljuk a villanyégőt, fényt észlelünk.

A felsorolt tapasztalati tények mindegyike egy általános fizikai jelenség következménye, a *hullámok* egyedi esetei.

Mivel hanggal kapcsolatos jelenségekkel foglalkozunk, a továbbiakban csak a mechanikai hullámokra szorítkozunk.

2. Mechanikai hullámok

Mechanikai értelemben a hullám rezgések rugalmas közegben történő tovaterjedését jelenti. A mechanikai hullám lehet lökésszerű, vagy tartós. Tartós, ha a "zavarkeltés" periodikusan történik. Gyakorlati és elméleti szempontból ez a legfontosabb.

A hullámtér egy pontjában „zavart” keltve, a közeg rezgésbe jön, és ennek anyagi minőségétől függő c sebességgel terjed tovább. A keltés helyétől x távolságra levő pontban a rezgés állapota (fázisa) a

$$t = \frac{x}{c} \quad (1)$$

terjedési időnek megfelelően lemarad. A c sebességet *fázis* vagy *terjedési sebességnek* nevezzük, ez jellemzi a térben történő rezgési állapot (fázis), az impulzus, az energia tovaterjedését. A periodikus gerjesztés következtében a rugalmas közeg részecskéi helyileg elmozdulnak, ezt jellemzi a továbbiakban használt v *részecskesebesség*, amely az előzőek értelmében nem azonos a fázissebességgel.

A hullámtér rezgésállapota a

$$\lambda = cT \quad (2)$$

hullámhosszal jellemezhető (az a távolság, amelyet a hullám egy periódus alatt megtesz), ahol T a *periódus*. Ennek reciproka értéke

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (3)$$

a *frekvencia*. A frekvenciát a hullámforrás határozza meg, míg a fázissebességet a hullámközeg anyagi természete is.

A terjedés módja szerint a hullámok osztályozhatók:

- *Tranzverzális* vagy *haránt*, amikor a részecskék lokális kitérése merőleges a terjedés irányára (ez a hullám csak olyan közegben alakulhat ki, amely egyidejűleg rendelkezik mind alak-, mind térfogati rugalmassággal).
- *Longitudinális* vagy *hosszanti*, amikor a közeg részecskéi a hullámterjedés irányában rezegnek (az értelmezésnek megfelelően a longitudinális hullám kialakulása nem követeli meg az alak- rugalmasságot is). Mivel a hang szilárd, folyadék és gáz halmazállapotú anyagban is terjed (gázok és folyadékok nem rendelkeznek alak- rugalmassággal), következik, hogy a hang longitudinális hullám.

A hullámtér azonos fázisban rezgő pontjainak összességét *hullámfelületnek* nevezzük. Amikor a hullámfelület sík, síkhullámról beszélünk, ha a hullámforrás gömb középpontú, gömbhullámról. A forráshoz viszonyított nagy távolságoknál, főleg magas frekvencián, a gömbhullám síkhullámként tárgyalható (ezzel az esettel találkozunk ultrahangok esetében).

3. A hullámtér jellemző paraméterei

Akusztikai nyomás. A longitudinális hullám értelmezéséből következik, hogy a hullám terjedésekor jelentkezik a közeg részecskéinek periodikus sűrűsödése és ritkulása. Ez gáz és folyadék közegben periodikus nyomásingadozással jár, amit *akusztikai nyomásnak* nevezünk és p -vel jelöljük.

Fajlagos akusztikai impedancia. Ez a fogalom hasznosnak bizonyult különböző hullámközegek illesztésénél, elválasztási felületeken történő visszverődés és áteresztés energetikai tárgyalásánál. A *fajlagos akusztikai impedanciát* úgy értelmezzük, mint az akusztikai nyomásnak és a részecske sebességének a hányadosát. Gömbhullám esetében ez egy komplex mennyiség, míg síkhullámnál az értéke a

$$Z = \rho_0 c \quad (4)$$

összefüggéssel határozható meg, ahol ρ_0 a közeg nyugalmi állapotában mért sűrűsége, c a hullám fázissebessége.

A hullám intenzitása. Az intenzitás fogalmát használjuk a hullámtérben terjedő energia jellemzésére, amely számértékben megegyezik az egységnyi felületen, a felület normálisának irányában, egységnyi idő alatt átáramló energiával. Síkhullám esetén az intenzitás értéke megadható az

$$I = \frac{p_0^2}{2\rho_0 c} \quad (5)$$

összefüggéssel, ahol p_0 az időben változó akusztikai nyomás csúcserőértéke (amplitúdója).

A hullámok fázissebessége. Longitudinális hullámok fázissebességét megadja a

$$c = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}} \quad (6)$$

kifejezés, ahol γ az adiabatikus kitevő, míg P_0 a hullámközeg nyugalmi állapotában mért nyomása.

4. A hangok osztályozása

A mechanikai hullámok legfontosabb esete a hang (kis amplitúdójú mechanikai hullámok rugalmas közegben való terjedése). Régi felfogás szerint hangnak neveztek minden olyan mechanikai rezgést, amely a normális emberi fülben hangérzetet kelt. Az élő világ tanulmányozása bebizonyította, hogy léteznek olyan élőlények (például kutya, denevér, delfin), amelyek képesek olyan hangokat kibocsátani és észlelni, amelyekre az ember képtelen. A ν frekvencia függvényében a hangok a következőképpen csoportosíthatók:

- infrabang*, ha $\nu < 20\text{Hz}$,
- hallható hang*, ha $20 < \nu < 16000\text{Hz}$,
- ultrabang*, ha $16000 < \nu < 200\text{MHz}$,
- hiperbang*, ha $\nu > 200\text{MHz}$.

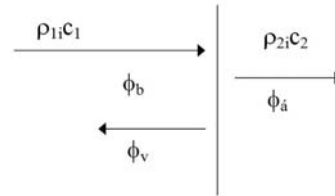
Az értelmezés szerint hangról csak akkor lehet beszélni, ha létezik egy hullámforrás és egy rugalmas közeg, amely a forrás által keltett rezgéseket hullám formájában továbbítja. Ellentétben az elektromágneses hullámokkal, a hang légtüres térben nem terjed.

5. Hullámterjedéssel kapcsolatos jelenségek

A hullámok elhajlása (diffrakciója). Hullámok terébe akadályt, vagy rést helyezve tapasztalható (például folyadékok felszínén terjedő hullámoknál), mindaddig amíg az előbbiek geometriai méretei nagyobbak mint a hullámhossz, érvényes a sugárirányú terjedés, tehát a hullám nem hatol be az akadály, vagy a rés „árnyékterébe”. Abban az esetben, amikor a fenti méretek azonos nagyságrendűek, vagy kisebbek mint a hullámhossz, az árnyékterben is észlelhető a hullám. Ezt a jelenséget nevezzük a hullámok *elhajlásának*, vagy *diffrakciójának*.

Mivel a hallható hangok hullámhosszának az értéke méter nagyságrendű, ezek esetében a diffrakció általánosan tapasztalható jelenség. Például, ha a hangforrás előtt egy fal van, a hang a fal mögött is észlelhető. Nem érvényesül tökéletesen a sugárirányú terjedés. Az ultrahangok jóval magasabb frekvenciájának következtében, már más a helyzet. A 100kHz frekvenciájú ultrahang hullámhossza levegőben $3,6\text{ mm}$. Ennek a megállapításnak megfelelően a diffrakció szempontjából az ultrahangok a hallható hangokhoz viszonyítva egyedi sajátosságokkal rendelkeznek. Az ultrahang könnyen nyalábosítható, ennek a megállapításnak nagy a jelentősége ezek gyakorlati alkalmazásainál.

A hullámok visszaverődése és törése. A visszaverődés és a törés a fénytan keretében megismert geometriai törvényei a mechanikai hullámok esetében is érvényesek. Az ultrahangok gyakorlati alkalmazásainál a geometriai törvények nem elégségesek. Feltehetően ismerni kell, hogy két hullámközeg elválasztási felületén a beeső hullám fluxusának hányad része verődik vissza, illetve hányad része halad át. Tekintsük a $\rho_1 c_1$ és $\rho_2 c_2$ impedanciájú hullámközeget (1. ábra).



1. ábra

Legyen az elválasztási felület sík, a beesés merőleges és síkhullám esetére szorítkozunk. Az elválasztási felületről visszavert és erre beeső fluxusok hányadosa az

$$r = \left(\frac{\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1}{\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1} \right)^2 \quad (7)$$

visszaverődési együttható. A felületen áthaladt és a beeső fluxusok hányadosa az

$$a = \left(\frac{4\rho_2 c_2}{\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1} \right)^2 \quad (8)$$

átvezetési együttható. A (7) és a (8) összefüggések értelmében, ha $\rho_2 c_2 = \rho_1 c_1$, nem létezik visszavert hullám, az áteresztés (csatolás) tökéletes. Továbbá az is következik, hogy minél nagyobb mértékben különbözik a két közeg akusztikai impedanciája, annál kisebb mértékű az áteresztés. Számítással kimutatható, hogy az áteresztés javítható, ha a két közeg közé megfelelő impedanciájú illesztő közeget helyeznek (ezt alkalmazzák az ultrahangok gyakorlati alkalmazásainál).

Néda Árpád